



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

REBECA TATIANE DOS SANTOS

**A IMPORTÂNCIA DA REMOÇÃO DA SMEAR LAYER NA
ENDODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA**

ARACAJU

2019

REBECA TATIANE DOS SANTOS

**A IMPORTÂNCIA DA REMOÇÃO DA SMEAR LAYER NA
ENDODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Odontologia como requisito parcial à conclusão do curso de Odontologia na Universidade Federal de Sergipe para obtenção do grau de Cirurgião-Dentista.

Orientador: Prof. Dr. José Mirabeau de Oliveira Ramos

ARACAJU

2019

REBECA TATIANE DOS SANTOS

**A IMPORTÂNCIA DA REMOÇÃO DA SMEAR LAYER NA
ENDODONTIA: REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Odontologia como requisito parcial à conclusão do curso de Odontologia na Universidade Federal de Sergipe para obtenção do grau de Cirurgião-Dentista.

Aprovada em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

José Mirabeau de Oliveira Ramos - Orientador

1º Examinador

2º Examinador

RESUMO

A instrumentação do canal radicular, durante o tratamento endodôntico, implica na formação de uma camada de detritos sobre a parede dentinária, denominada smear layer. Esta é composta por substâncias orgânicas e inorgânicas e pode influenciar no resultado da terapia endodôntica. No que se refere a sua remoção ou conservação há controvérsias nas opiniões dos autores, o que gera dúvidas quanto à conduta mais adequada. Frente ao conflito de resultados e opiniões quanto à manutenção ou remoção da smear layer, este trabalho teve como objetivo revisar os principais trabalhos sobre este assunto a fim de esclarecer qual a melhor conduta a ser tomada, em busca de um melhor prognóstico para o tratamento endodôntico. Para isso, foram selecionados os principais artigos publicados acerca do tema abordado, retirados das bases de dados PubMed, Scielo, LILACS, MEDLINE, além da consulta de livros relacionados com a temática de estudo. Diante dos resultados apresentados pela maioria dos estudos, conclui-se que a melhor conduta em relação à smear layer na endodontia é a sua remoção.

Palavras-chave: Smear Layer; Tratamento Endodôntico; Instrumentação do Canal Radicular; Smear Layer Removal; Smear Layer in Endodontics.

ABSTRACT

The root canal instrumentation, during endodontic treatment, involves the formation of a layer of debris on the dentin wall, called smear layer. This is composed of organic and inorganic substances and may influence the endodontic therapy result. With regard to their removal or conservation there are controversies in the authors opinions, which raises doubts as to the most appropriate conduct. In view of conflicting results and opinions regarding the maintenance or removal of the smear layer, this study aimed to review the main works on this subject in order to clarify the better behavior to be taken, in search of a better prognosis for endodontic treatment. For that, we selected the main articles published about the topic, taken from the databases PubMed, Scielo, LILACS, MEDLINE, besides the consultation of books related to the subject of study. In view of the results presented by the majority of the studies, it is concluded that the best conduct in relation to the smear layer in endodontics is its removal.

Keywords: Smear Layer; Endodontic Treatment; Root Canal Instrumentation; Smear Layer Removal; Smear Layer in Endodontics.

LISTA DE IMAGENS

Fig. 1 - Camada de smear layer sobrepondo os túbulos dentinários	13
Fig. 2 - MEV da superfície da dentina mostrando os tampões de esfregaço obstruindo os túbulos	14
Fig. 3 - MEV comparando o preenchimento da raiz com MTA: camada de smear layer preservada e removida	15
Fig. 4 - MEV da parede do canal, após a remoção da smear layer, com EDTA a 17% e hipoclorito de sódio a 5,25%.....	16
Fig. 5 - Aumento do diâmetro dos canalículos dentinários após tratamento da smear layer	17
Fig. 6 - Penetração de selante nos túbulos dentinários: canal cheio de AH26	18
Fig. 7- Fotomicrografias representativas após tratamento da smear layer com A: água destilada, B: NaOCl 2,5% e C: NaOCl/ 9%.....	19
Fig. 8 - MEV de dentina após exposição ao EDTA.....	21
Fig. 9- Canal radicular após a limpeza e a modelagem: em A irrigação convencional, em B irrigação com ativação ultrassônica passiva.....	22
Fig. 10 - Fotomicrografias representando a ativação de diferentes técnicas de irrigação	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
2. OBJETIVO	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1.O Tratamento Endodôntico	11
3.2.A Smear Layer	12
3.3.Smear Layer na Endodontia: preservar ou remover?	14
3.4.Métodos de Remoção da Smear Layer	19
3.4.1.Hipoclorito de Sódio	19
3.4.2. Clorexidina	20
3.4.3. Ácido etilenodiamino tetracético (EDTA)	21
3.4.4. Irrigação Ultrassônica Passiva	22
3.4.5. Irradiação a Laser	24
3.4.6. XP-Endo Finisher e o sistema Endo Activator	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	26
5. DISCUSSÃO	27
6. CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

1. INTRODUÇÃO

A principal preocupação da endodontia é promover a limpeza do sistema de canais radiculares. Dessa maneira, para se atingir o sucesso no tratamento endodôntico, é necessário eliminar a presença de micro-organismos que causam a infecção dos canais radiculares (TORABINEJAD *et al.*, 2002).

Durante o tratamento do canal radicular, a ação dos instrumentos na sua parede cobre áreas de dentina com uma camada de smear layer, composta de substâncias orgânicas e inorgânicas. Esta pode conter subprodutos de bactérias, e pode atuar como uma barreira física contra agentes desinfetantes (PRADO *et al.*, 2016).

A literatura revela que a remoção da smear layer tem sido considerada um passo importante durante o tratamento do canal radicular (TURK; KAVVAL; SEM, 2015). Entre as substâncias químicas usadas para remover a camada de esfregaço, o hipoclorito de sódio é a mais utilizada, pois possui ação antimicrobiana e a capacidade de dissolver tecido orgânico (SÓ *et al.*, 2011). Sua ação, no entanto, pode ser melhorada com o uso alternado do EDTA 17% (VIOLICH; CHANDLER, 2010).

A irrigação passiva com ultrassom, como mecanismo de limpeza dos canais, tem sido muito utilizada e mostrado mais efetividade na remoção da lama dentinária, aumentando a eficácia das soluções irrigadoras (JUSTO, 2013). Os lasers podem ser usados para vaporizar tecidos no canal principal, remover a camada de esfregaço e eliminar o tecido residual na porção apical dos canais radiculares (VIOLICH; CHANDLER, 2010). Além disso, novos dispositivos, como o XP Endo Finisher, e o sistema Endo Activator, também têm sido utilizados para aumentar o fluxo e a penetrabilidade de soluções irrigantes dentro do sistema de canais radiculares (ELNAGHY; MANDORAH; ELSAKA, 2016).

Considerando que a smear layer é uma barreira física sobre a abertura dos túbulos dentinários, há controvérsias se sua presença é benéfica ou prejudicial ao tratamento endodôntico (ODA *et al.*, 2016), já que essa camada pode impedir a penetração de medicamentos intracanalais

nos túbulos dentinários e pode afetar negativamente a adesão dos materiais obturadores do canal radicular (TURK; KAVAL; SEM, 2015).

Desse modo, para alguns autores, ao remover a lama de dentina haverá aumento da permeabilidade dentinária, criando uma via que facilita a entrada de micro-organismos nos túbulos dentinários, prejudicando o efeito final da terapia do canal radicular. No entanto, esse aumento da permeabilidade pode ser benéfico, pois elimina bactérias presas nos túbulos, produz maior vedamento (BJARNASON, 2016), favorecendo maior contato entre dentina e substâncias utilizadas no interior do canal.

A questão da remoção ou não da smear layer durante o tratamento endodôntico é muito discutida, havendo vantagens e desvantagens associadas a sua presença ou excisão.

2. OBJETIVO

O objetivo desse trabalho foi avaliar, através de uma revisão de literatura, os resultados acerca da importância da remoção ou não da smear layer durante o tratamento endodôntico. Através desses resultados, mostrar como a manutenção ou remoção desta camada implica na terapia endodôntica, a fim de esclarecer qual a melhor conduta a ser tomada, em busca de um melhor prognóstico para o tratamento endodôntico.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O Tratamento Endodôntico

O tratamento endodôntico envolve a remoção do tecido necrótico, a eliminação das bactérias presentes nos canais e túbulos dentinários e a prevenção da recontaminação após a terapêutica, limpando, modelando e desinfetando completamente o sistema de canais radiculares, selando-os com uma obturação tridimensional, e colocando um selamento coronal (TORABINEJAD *et al.*, 2002).

A erradicação ou diminuição de micro-organismos é o objetivo principal da terapia endodôntica, servindo para predeterminar o seu sucesso em longo prazo (ATTIGUPPE *et al.*, 2017). Assim, a colonização do canal com biofilmes bacterianos e a possibilidade de invasão dos túbulos dentinários por micro-organismos é um fator comprometedor desse sucesso (SILVEIRA *et al.*, 2013).

Haja vista que as bactérias desempenham um papel importante no desenvolvimento e progressão da doença periapical (ZARGAR *et al.*, 2015), o tratamento do canal radicular deve promover a remoção da lesão pulpar e reduzir as bactérias do conduto através de um processo quimio-mecânico (BJARNASON, 2016).

Durante o processo de instrumentação mecânica do canal radicular, pela ação de instrumentos cortantes, é formada uma camada de esfregaço de dentina denominada smear layer (ASHRAF *et al.*, 2014). Considera-se que essa lama dentinária pode aderir às paredes dentinárias e dificultar o processo de limpeza dos canais radiculares, envolvendo a contaminação lipoprotéica e isolando as possíveis bactérias presentes nos túbulos da dentina, pois forma uma barreira física que prejudica a ação da limpeza e desinfecção das soluções irrigadoras e dos medicamentos (OLIVEIRA; OLIVEIRA; 2011).

Considerando as dificuldades da mecânica de desbridamento e modelagem, bem como a presença de bactérias em áreas inacessíveis (ramificação de deltas, irregularidades), a eliminação da microbiota apenas por meio mecânico pode ser inadequada (BARCELOS, 2012). O preparo químico-mecânico, portanto, é fundamental na terapia endodôntica, fase em que se realiza a limpeza, desinfecção e modelagem do sistema de canais (SOUZA, 2011), na tentativa de criar uma assepsia intracanal.

Mesmo após a instrumentação químico-mecânica, resíduos bacterianos podem permanecer nos canais e levar à reinfecção desses, resultando no insucesso do tratamento (MADAN *et al.*, 2011). Diante disso, sugere-se a utilização de novas terapias alternativas, com o objetivo de potencializar a redução microbiana (PINHEIRO *et al.*, 2014). Nesse sentido, uma grande variedade de técnicas e instrumentos tem sido utilizada na intenção de promover uma abordagem mais eficaz na terapia endodôntica (OLIVEIRA, 2016).

A eficaz obturação do canal também está relacionada ao bom prognóstico do tratamento do canal e sofre interferência da smear layer intracanal, pois esta pode interferir na adesão dos materiais obturadores. Logo, o bom prognóstico do tratamento endodôntico depende da limpeza e modelagem seguida da obturação tridimensional do sistema de canais radiculares (ASHRAF *et al.*, 2014).

3.2. A Smear Layer

A smear layer, também denominada de magma dentinário ou camada de lama dentinária/esfregaço, na superfície dos canais radiculares foi primeiramente descrita utilizando microscopia eletrônica de varredura (MEV) por McComb e Smith (1975). Consiste em substâncias orgânicas e inorgânicas, como remanescentes de processos odontoblásticos, tecido pulpar e bactérias (VIOLICH; CHANDLER, 2010), produzidas pela ação de instrumentos no canal radicular durante o tratamento endodôntico.

Machado (2009) descreveu o magma dentinário como contendo duas fases: uma inorgânica, representada pelas raspas de dentina excisadas e restos das substâncias químicas auxiliares utilizadas; e outra orgânica, composta pelos restos pulpares, celulares e bacterianos. A camada constituída por matéria orgânica é mais superficial; enquanto a camada mais profunda é inorgânica (mineralizada) e formada por partículas menores e bem compactadas no interior dos túbulos dentinários, dificultando a sua remoção (SILVEIRA *et al.*, 2013).

Estima-se que a camada de smear layer tenha uma espessura de 1-2 μ m e pode se acumular nos túbulos dentinários até uma profundidade de 110 μ m, criando um tampão de lama dentinária no conduto radicular (BJARNASON, 2016).

Segundo a American Association of Endodontics (1994), ela pode ser descrita como uma fina película de detritos superficial, frouxamente aderida à superfície dentinária (ODA *et al.*, 2016) (Figura 1). Ao aderir à superfície dentinária, modifica o reconhecimento anatômico da dentina radicular, visto serem os túbulos dentinários obstruídos.

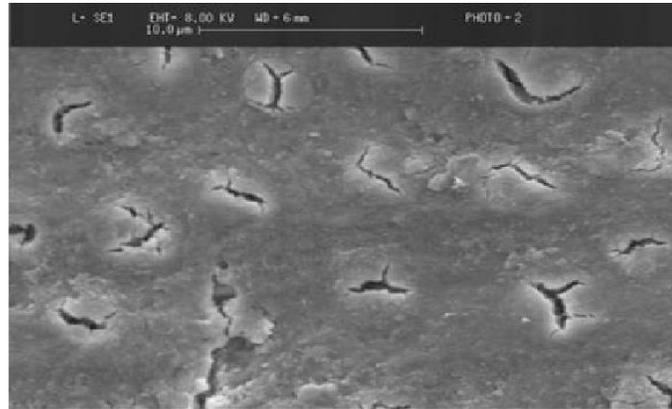


Fig.1. Camada de smear layer sobrepondo os túbulos dentinários. (VIOLICH; CHANDLER, 2010).

O magma dentinário constitui dificuldade no processo de limpeza dos canais radiculares, envolvendo a contaminação lipoproteica e isolando as possíveis bactérias presentes nos túbulos, destacando a importância da sua excisão no procedimento de desinfecção dos túbulos dentinários (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2011).

3.3. Smear Layer na Endodontia: preservar ou remover?

Os estudos sobre a smear layer na endodontia são abundantes e em relação a sua eliminação ou conservação existem opiniões e resultados divergentes, o que deixa dúvidas quanto à conduta mais adequada a ser empregada no tratamento endodôntico. Por isso, diversos autores pesquisaram sua influência sobre os micro-organismos intracanales, a fim de verificar seus benefícios e prejuízos ao tratamento.

Alguns autores sugerem que a manutenção da smear layer pode bloquear os túbulos dentinários e limitar a penetração de bactérias ou toxinas (VIOLICH; CHANDLER, 2010), o que favorece a diminuição de micro-organismos presentes dentro do conduto (Figura 2).

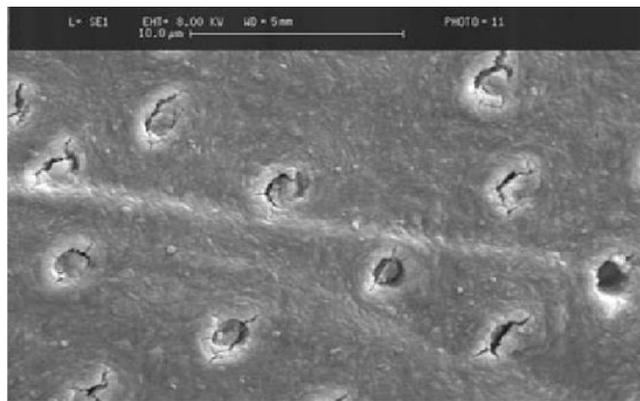


Fig. 2. MEV da superfície da dentina mostrando os tampões de esfregaço obstruindo os túbulos. (VIOLICH; CHANDLER, 2010).

Os resultados de investigações apoiam a visão de que a retenção da camada de smear nas paredes dos canais radiculares pode ser benéfica na prevenção da penetração e colonização bacteriana (SALEH *et al.*, 2008; DRAKE *et al.*, 1994), pois elas atuam como uma barreira, inibindo a penetração de bactérias e a reinfecção do canal ao obstruir os túbulos dentinários (ZARGAR *et al.*, 2015).

Segundo Drake *et al.* (1994), na ausência da barreira de detritos, os micro-organismos colonizariam com maior facilidade os túbulos, contribuindo na instalação de infecções endodônticas persistentes. Em suas pesquisas, Drake e colaboradores encontraram um número reduzido de bactérias nos canais quando a camada de smear layer foi deixada intacta.

Além disso, a camada de esfregaço também pode atuar como preenchedora do selante (Figura 3), reduzindo assim as tensões de contração sobre os materiais seladores dos túbulos dentinários, isso proporcionaria um contato mais íntimo na interface dentina/selador (SALEH *et al.*, 2008). Bactérias remanescentes após a preparação do canal são seladas nos túbulos pela camada de smear layer e subsequentes materiais de preenchimento (VIOLICH; CHANDLER, 2010). Assim, a manutenção do magma dentinário seria indicada principalmente nos casos de biopulpectomia, onde por princípio, o sistema de canais deve estar livre de contaminação (ODA *et al.*, 2016).

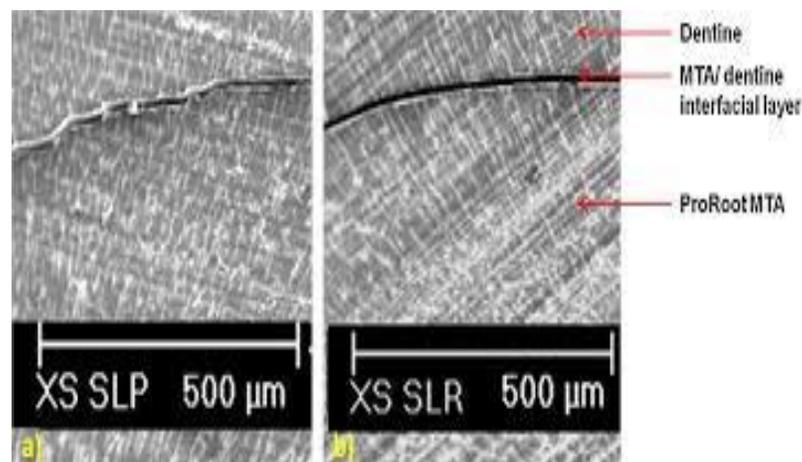


Fig. 3. MEV comparando o preenchimento da raiz com MTA: camada de smear layer preservada e removida. (AHMAD, 2013).

No entanto, de acordo com a compreensão atual, a presença da camada de smear layer no canal radicular contradiz os princípios do tratamento eficiente e compromete o processo de cicatrização (BARCELOS *et al.*, 2012). Diversos autores apontam que sua remoção tem sido considerada uma etapa importante durante a intervenção endodôntica.

Os estudos a favor da sua remoção defendem que ao removê-la haverá liberação de bactérias aprisionadas, diminuição da microinfiltração, aumento da difusão de medicamentos intracanal e permite uma vedação de maior qualidade. Barcelos *et al.* (2012), revelaram que a eliminação da lama de dentina está intimamente relacionada à supressão dos sinais clínicos e sintomas de infecção, e aos melhores resultados endodônticos.

O magma dentinário impregnado nas paredes do canal é capaz de reduzir em torno de 30 a 40% a permeabilidade dentinária (SILVA; OLIVEIRA, 2014), portanto, deve ser removido para melhorar a desinfecção do canal, aumentar a efetividade dos irrigantes, maximizar os efeitos de medicamentos e para aumentar a adesão dos materiais obturadores (PRADO *et al.*, 2016). Além das substâncias irrigantes, os agentes quelantes produzem uma superfície radicular limpa para posterior obturação (PINTOR *et al.*, 2016) e devem ser utilizados durante a instrumentação do canal.

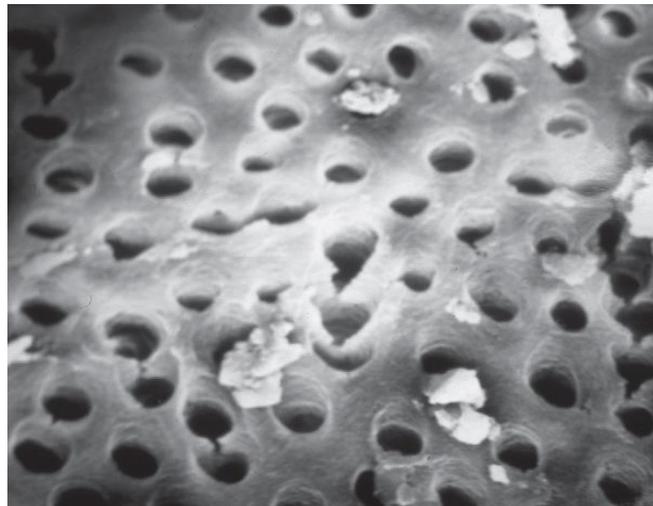


Fig. 4. MEV da parede do canal, após a remoção da smear layer, com EDTA a 17% e hipoclorito de sódio a 5,25%. (Caminhos da Polpa, fig. 10-10).

A presença do esfregaço de dentina tem um impacto negativo na eficácia dos irrigantes antimicrobianos (ZARGAR *et al.*, 2015), por isso os irrigantes endodônticos devem ser capazes de dissolver os restos de polpa e a smear layer, além de ter propriedades bacteriostáticas. O

NaOCl somente remove detritos de dentina e de magma dentinário em grau mínimo; por isso, alguns autores recomendaram o uso de desmineralizantes para livrar a superfície do canal radicular da smear layer pós-instrumentação, e assim melhorar a limpeza de áreas de difícil acesso (COHEN; HARGREAVES; 2011) (Figura 4).

Ao remover a smear layer, a superfície de difusão tubular aumenta em 9,7% e a permeabilidade da dentina aumenta em 5 vezes (ZARGAR *et al.*, 2015), isso facilita a penetração de substâncias auxiliares e da medicação intracanal (Figura 5). Ao utilizarem substâncias irrigadoras e medicações intracanaís na ausência da smear layer, pesquisadores observaram uma maior penetração dessas substâncias no interior dos túbulos, contribuindo para uma melhor eficácia antimicrobiana dos mesmos, uma vez que as bactérias podem ser facilmente alcançadas e destruídas (ODA *et al.*, 2016).

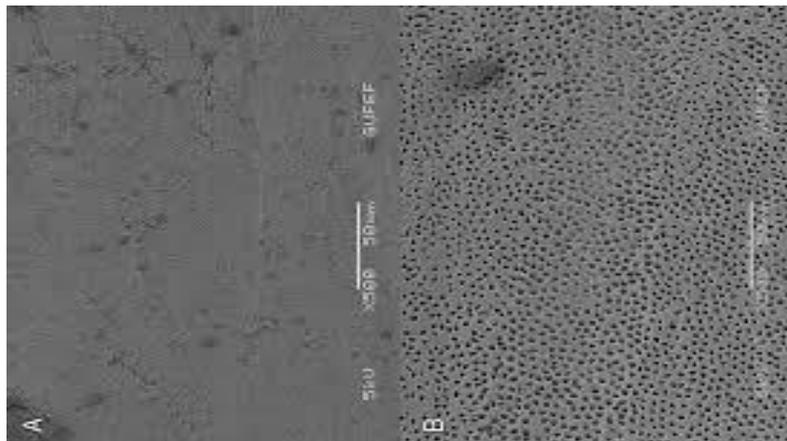


Fig. 5. Aumento do diâmetro dos canalículos dentinários após tratamento da Smear Layer. (KUÇI, A. 2014).

A permeabilidade dentinária também influencia na penetração de cimentos obturadores endodônticos, já que a camada de esfregaço restringe a penetrabilidade dos seladores (KUÇI *et al.*, 2014). De acordo com Suyama *et al.* (2013), a ausência da camada de smear layer melhora significativamente a interação de adesivos autocondicionantes com a dentina.

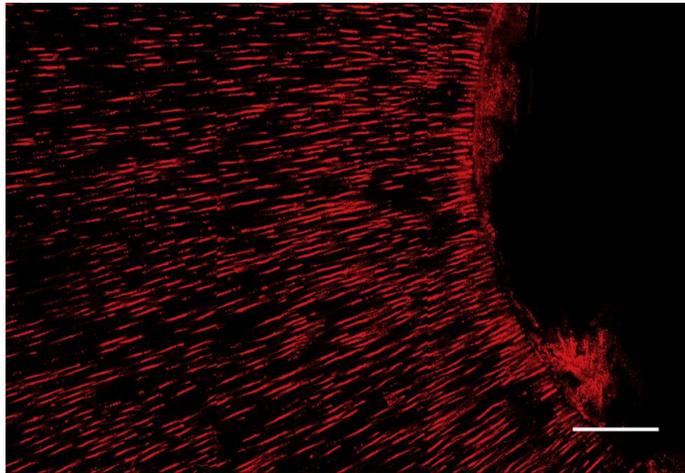


Fig. 6. Penetração de selante nos túbulos dentinários: canal cheio de AH26. (KUÇI, 2014. Fig.2, p.3).

Estudos que avaliaram a resistência de união de diferentes cimentos sobre paredes dentinárias, concluíram que a sua remoção resultou no aumento da força de união devido à maior penetração de cimento (REYHANI *et al.*, 2014) (Figura 6).

Sisodia *et al.* (2014) avaliaram a influência da manutenção ou retirada da smear layer, frente à penetração bacteriana, e concluíram que, ao ser removida, houve maior resistência à infiltração bacteriana provavelmente em decorrência do melhor selamento entre dentina e cimento.

A presença ou não da smear layer implicará no prognóstico do tratamento dos canais radiculares, portanto, devem ser bem avaliadas as vantagens e desvantagens associadas a sua manutenção ou excisão.

3.4. Métodos de Remoção da Smear Layer

A abordagem mais empregada na remoção da smear layer é o uso alternado de hipoclorito de sódio e ácido etilendiamino tetracético a 17% (EDTA) durante e ao final do preparo dos canais radiculares (ODA *et al.*, 2016). A Clorexidina a 2% é outra substância química auxiliar usual, desenvolvida para ser utilizada durante a limpeza do canal radicular, principalmente devido à sua atividade antimicrobiana, a substantividade (ação antimicrobiana residual), e por possuir citotoxicidade mais baixa do que o hipoclorito de sódio (PRADO *et al.*, 2016).

Além disso, uma maior limpeza das paredes dentinárias pode ser alcançada ao agitar essas substâncias no conduto com auxílio do ultrassom (CASTAGNA *et al.* 2013). Outra ferramenta que pode ser utilizada para esta finalidade é o laser, que promove a remoção da smear layer sem provocar derretimento, carbonização ou recristalização da dentina (ODA *et al.*, 2016). Diferentes dispositivos, como o XP-Endo Finisher, e o Endo Activator, também foram propostos para aumentar o fluxo e a distribuição de soluções irrigantes dentro do sistema de canais radiculares (ELNAGHY; MANDORAH; ELSAKA, 2016).

3.4.1. Hipoclorito de Sódio

O hipoclorito de sódio tem sido amplamente usado na endodontia devido a sua capacidade antimicrobiana e de dissolver tecido, e por possuir propriedades proteolíticas que aumentam seu fluxo (ZARGAR *et al.*, 2014).

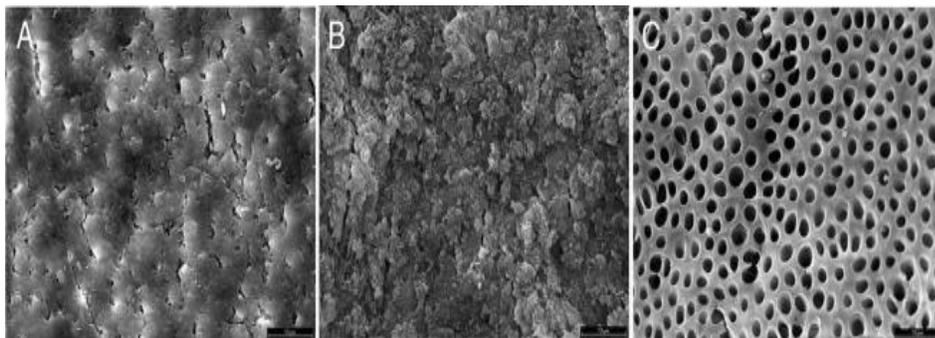


Fig. 7. Fotomicrografias representativas após tratamento da smear layer com A: água destilada, B: NaOCl 2,5% e C: NaOCl/ 9%. (MORAGO, A. 2016).

Durante a terapia endodôntica, soluções de hipoclorito de sódio são usadas em concentrações que variam de 0,5% a 6% (COHEN; HARGREAVES; 2011). No entanto, concentrações mais baixas têm sido recomendadas para o tratamento radicular, para evitar a erosão indesejável da dentina radicular (TURK; KAVAL; SEM, 2015) (Figura 7).

Atualmente, o NaOCl é mais utilizado em associação com o EDTA, essa combinação promove também a dissolução do componente inorgânico da lama dentinária (GUO *et al.*, 2014).

3.4.2. Clorexidina

A clorexidina é um agente antimicrobiano de amplo espectro, efetivo contra bactérias gram-negativas e gram-positivas. Ela possui um componente molecular catiônico que se liga a áreas da membrana celular carregadas negativamente, causando a lise celular (COHEN; HARGREAVES; 2011).

Pesquisas recentes verificaram que a clorexidina reduziu significativamente a microinfiltração nos terços coronal e apical do preenchimento do canal radicular, e permite a preservação da resistência de união na dentina para obturações convencionais (PRADO *et al.*, 2016).

Estudos relataram que o gel de 2% de clorexidina produziu superfícies de parede dentinária mais limpas em comparação com outros irrigantes. No entanto, quando usado sozinho não remove efetivamente a smear layer (PRADO *et al.*, 2016).

3.4.3. Ácido etilenodiamino tetracético (EDTA)

O ácido etilenodiamino tetracético (EDTA) é considerado o agente quelante mais eficaz no tratamento do canal radicular. É indicado para permeabilizar os canais calcificados e atresiadados, para eliminar a smear layer e para reduzir a microinfiltração (DUARTE, 2015) (Figura 8).

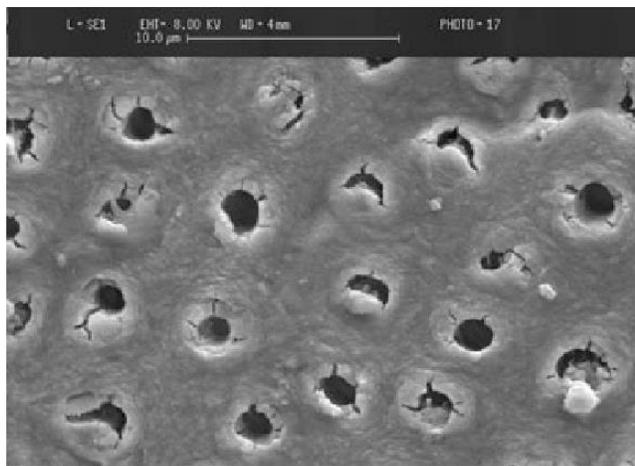


Fig. 8. MEV de dentina após exposição ao EDTA. (VIOLICH; CHANDLER, 2010)

Além disso, o EDTA atua como lubrificante e emulsificante dos tecidos durante a instrumentação, promovendo o preparo das paredes dentinárias, resultando em melhor aderência no preenchimento dos canais (DUARTE, 2015). Uma perfeita adaptação pode ser observada entre o cimento e material de preenchimento do diâmetro interno do canal radicular naqueles em que o EDTA foi aplicado (FACHIN; SCARPARO; MASSONI; 2009).

A literatura indica o uso de EDTA a 17%, seguido pelo hipoclorito de sódio (NaOCl) como um protocolo final de irrigação antes da obturação. Esta combinação remove efetivamente a camada de smear layer enquanto minimiza a erosão das paredes de dentina (BJARNASON, 2016).

3.4.4. Irrigação Ultrassônica Passiva

A irrigação ultrassônica passiva é caracterizada pela ação não cortante do ultrassom durante a irrigação, para evitar alterações na anatomia do canal radicular, removendo detritos e agitando o irrigante (CASTAGNA *et al.* 2013). Lopes e Siqueira Jr. (2004) verificaram que vários estudos sugerem o uso do ultrassom em conjunto com o NaOCl, pois promove a remoção de grande quantidade da smear layer (Figura 9).

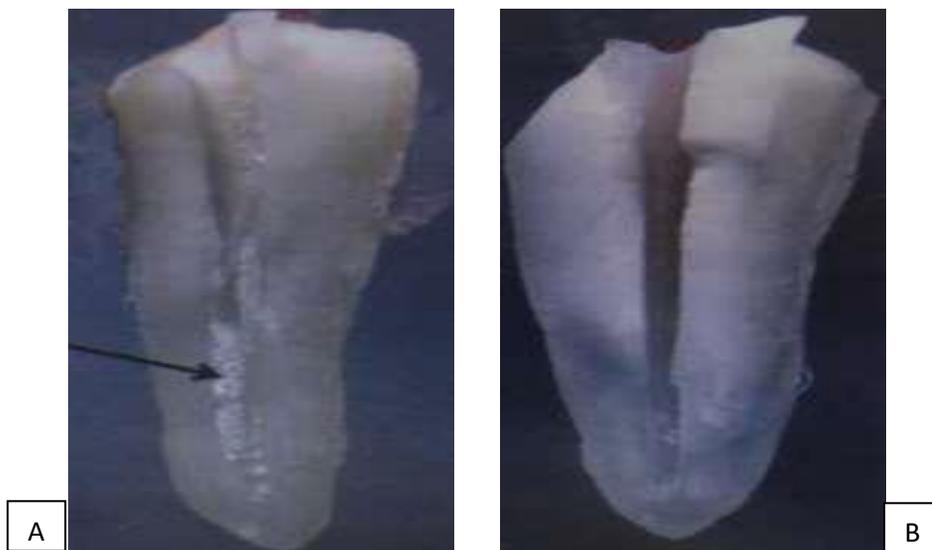


Fig. 9. Canal radicular após a limpeza e a modelagem: em A irrigação convencional, em B irrigação com ativação ultrassônica passiva. (SILVA; OLIVEIRA, 2014).

A irrigação passiva através do ultrassom (PUI) baseia-se na transmissão de energia acústica a partir de um sistema de oscilação, que permite ativar o irrigante, para que este atinja a zona mais apical do canal radicular (AHMENTOGLU, F. *et al.*, 2014).

Segundo Virdee *et al.* (2017), as técnicas de ativação de irrigantes melhoram a remoção de detritos, quando comparados com as técnicas de irrigação convencional. Mozo (2012) e seus

colaboradores relataram que a combinação da irrigação convencional com a irrigação ultrassônica melhora a eliminação da camada de esfregaço (Figura 10).

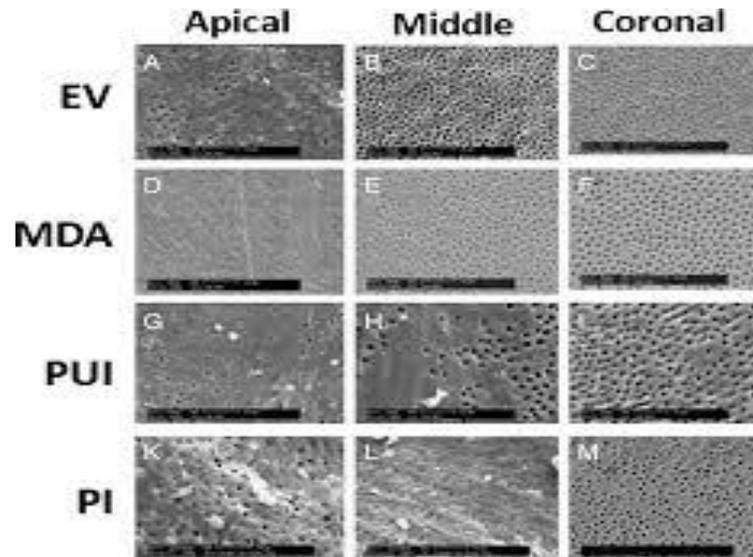


Fig. 10. Fotomicrografias representando a ativação de diferentes técnicas de Irrigação. (SABER; HASHEM, 2011).

O ultrassom contribui para a eliminação da camada de smear, e em associação com o EDTA melhora a limpeza do canal (MOZO; FORNER; LLENA, 2012). Em conjunto com o NaOCl, o uso do ultrassom promove a excisão de grande quantidade da smear layer, quando comparado com o método de irrigação convencional (SILVA; OLIVEIRA, 2014).

3.4.5. Irradiação a Laser

Na área da Endodontia, pode-se recorrer ao laser com o objetivo de promover a remoção da smear layer, através de um processo de ablação-corte (LOPES *et al.*, 2004). Os lasers podem ser usados para vaporizar tecidos no canal principal, remover a camada de esfregaço e eliminar o tecido residual na porção apical dos canais radiculares. Ao vaporizar os tecidos, o laser elimina a smear layer (DUARTE, 2015), sem provocar derretimento, carbonização ou recristalização da dentina (ODA *et al.*, 2016).

A eficácia dos lasers depende do nível de potência, da duração da exposição, da absorção de luz nos tecidos, da geometria do canal radicular e da distância ponta a ponta (VIOLICH; CHANDLER, 2010). O laser, juntamente com a irrigação com EDTA, mostrou-se mais eficaz do que com agentes não quelantes (DUARTE, 2015; ZHU, *et al.*, 2013).

Uma das grandes limitações da utilização do laser nesta área é a dificuldade do acesso aos canais estreitos. Contudo, verifica-se que ainda são necessários mais estudos para se concluir sobre a efetividade do laser na remoção da smear layer e sobre o melhor tipo de laser a ser utilizado para esta função (VIOLICH; CHANDLER, 2010).

3.4.6. XP-EndoFinisher e o sistema Endo Activator

Recentemente, os instrumentos XP-Endo Finisher e o sistema Endo Activator foram introduzidos ao mercado. Esses devem ser usados com irrigantes após a instrumentação inicial do canal radicular para realizar uma limpeza aprimorada do canal radicular enquanto conserva a dentina (LIVIAC *et al.*, 2017).

O Endo Activator é um sistema que produz vibrações sonoras, é utilizado para agitar irrigantes no canal e foi desenvolvido para conceder uma melhor e mais segura desinfecção do terço apical do canal radicular (DUARTE, 2015). Tem sido relatado que o sistema Endo Activator aumenta a eficiência da irrigação melhor do que a irrigação tradicional com agulha, pois possui pontas baseadas em polímeros que não danificam a parede do canal (ELNAGHY; MANDORAH; ELSAKA, 2016).

Devido ao design específico, o XP-Endo Finisher pode alcançar as partes inacessíveis do canal e fornecer uma melhor limpeza (ZIVKOVIC *et al.*, 2015). O objetivo desse instrumento é remover tecidos vitais e / ou necróticos, e restos de dentina acumulados durante instrumentação e formação da smear layer (LIVIAC *et al.*, 2017).

Dentro das limitações dos resultados já obtidos em estudo, o instrumento XP-Endo Finisher em combinação com 2,5% de NaOCl e EDTA 17% aumentaram a remoção da smear layer em comparação com a ativação de PUI com NaOCl a 2,5% e EDTA a 17% (LIVIAC *et al.*, 2017).

Um estudo realizado por Elnaghy *et al.* (2016) demonstrou que o uso do XP-Endo Finisher e do sistema Endo Activator resultou na formação de menos detritos e parecem ser mais eficazes na remoção de detritos e smear layer.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi realizado um levantamento bibliográfico, por meio do qual foram revisados artigos e teses mais relevantes acerca do tema abordado. A busca foi realizada utilizando as bases de dados PubMed, Scielo, MEDLINE, LILACS, e foram selecionados trabalhos publicados entre os anos de 1994 e 2017. Além disso, foram consultados livros relacionados com a temática de estudo.

Para a realização da pesquisa, foram utilizadas como palavras-chave: Smear Layer; Tratamento Endodôntico; Instrumentação do Canal Radicular; Smear Layer Removal; Smear Layer in Endodontics.

5. DISCUSSÃO

O tratamento endodôntico envolve a remoção dos conteúdos vitais e necróticos do canal (KUÇI *et al.*, 2014), e tem como objetivo principal a desinfecção do sistema de canais radiculares com a diminuição ou completa eliminação dos micro-organismos. Para isso, é fundamental o preparo químico mecânico dos canais, etapa em que se faz a limpeza, desinfecção e modelagem do sistema de canais (SOUZA, 2011), na tentativa de criar uma assepsia intracanal.

Estudos mostram que os métodos de limpeza dos canais radiculares produzem uma camada de smear layer que cobre as paredes instrumentadas, isso acontece pela ação dos instrumentos endodônticos nas paredes do canal (ASHRAF *et al.*, 2014). Essa camada contém substâncias inorgânicas e orgânicas que incluem fragmentos de processos odontoblásticos, micro-organismos e materiais necróticos (BJARNASON, 2016).

Entretanto, a existência da smear layer é um fato inerente à fase do preparo do conduto radicular e é de fundamental importância à compreensão da necessidade clínica da sua remoção (OLIVEIRA; OLIVEIRA; 2011), para que se consiga um resultado satisfatório do tratamento endodôntico.

Os autores que justificam a presença da smear layer no canal radicular, sugerem que sua manutenção promove o bloqueio dos túbulos dentinários e limita a penetração de bactérias ou toxinas (VIOLICH; CHANDLER, 2010), o que propicia a diminuição de micro-organismos presentes dentro do conduto.

Drake *et al.* (1994) analisaram que na ausência da barreira de detritos, os micro-organismos colonizariam com maior facilidade os túbulos dentinários, e relatam a redução do número de bactérias quando a camada de smear layer foi deixada intacta

De acordo com Love *et al.* (2001), a camada de smear layer atua como uma barreira protetora e, se removida, não haveria barreira física contra a penetração bacteriana nos túbulos dentinários.

Saleh *et al.* (2008) defendem que a preservação da camada de smear layer nos canais radiculares pode prevenir a penetração e colonização bacteriana, já que elas funcionam como

uma barreira física nos túbulos dentinários, inibindo a reinfecção do canal (ZARGAR *et al.*, 2015).

Além disso, preconiza-se que essa camada atua como preenchedora do selante, promovendo a redução das tensões de contração sobre os materiais seladores dos túbulos dentinários, e proporcionando um contato mais íntimo na interface dentina/selador (SALEH *et al.*, 2008).

Constata-se também que, se a smear layer for removida, pode haver um risco de reinfecção dos túbulos dentinários, caso o selamento da obturação definitiva falhe (LOPES *et al.*, 2004), pois as bactérias remanescentes após a preparação do canal são seladas nos túbulos pela camada de smear layer e subsequentes materiais de preenchimento (VIOLICH; CHANDLER, 2010).

Entretanto, estudos demonstram que estas bactérias aprisionadas no interior dos túbulos dentinários, além de conseguir manterem-se viáveis por muito tempo, elas utilizam a própria smear layer como fonte de nutrientes, alimentando-se de seus componentes protéicos (ODA *et al.*, 2016).

Durante a instrumentação, como resultado do movimento e rotação linear dos instrumentos e devido à ação capilar gerada entre os túbulos dentários e o material do esfregaço, os componentes da camada de smear layer podem ser forçados para dentro dos túbulos dentinários a distâncias variáveis (TORABINEJAD *et al.*, 2002). Dessa forma, os subprodutos de bactérias podem atuar como uma barreira física que prejudica a ação da limpeza e desinfecção das soluções irrigadoras e dos medicamentos (PRADO *et al.*, 2016).

A smear layer adere às paredes dentinárias e dificulta o processo de limpeza dos canais radiculares, pois isola as bactérias nos túbulos dentinários (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2011). As substâncias orgânicas e inorgânicas que permanecem na camada de esfregaço, após o preparo mecânico de um canal radicular infectado, podem agir como um substrato para bactérias, e permitem sua penetração mais profunda nos canalículos (VIOLICH; CHANDLER, 2010).

Zargar *et al.* (2015) concluíram que a smear layer diminui a penetração de agentes desinfetantes nos túbulos dentinários e, conseqüentemente, sua eficácia; e que, após a preparação do canal, as bactérias intra-tubulares capturadas podem ser enterradas por essa lama dentinária.

Considerando que a presença da smear layer nas paredes dos canais causa a obstrução dos túbulos dentinários (SILVA; OLIVEIRA, 2014), tem sido relatado que ela pode inibir os efeitos dos desinfetantes intracanaís e impedir os selantes de serem difundidos, além de possibilitar a diminuição do selamento do material de preenchimento do canal radicular (ELNAGHY; MANDORAH; ELSAKA, 2016). Por isso, acredita-se que potenciais efeitos negativos podem ocorrer se a smear layer não for removida durante o tratamento do canal radicular.

Verifica-se que a presença de smear layer interfere na penetração e perfeita adaptação do material obturador do canal radicular com as paredes do canal radicular; e que, se não for removida, ao se desintegrar, pode levar a uma microinfiltração na obturação definitiva do canal (LOPES *et al.*, 2004).

Dessa forma, ao remover o magma dentinário haverá liberação de bactérias aprisionadas e, conseqüentemente, aumento da permeabilidade dentinária (SILVA; OLIVEIRA, 2014), que resulta em diminuição da microinfiltração, aumento da difusão de medicamentos intracanal e uma vedação de maior qualidade.

Prado *et al.* (2016) concluíram que a remoção da smear layer promove a melhor desinfecção do canal, pois permite maior efetividade das substâncias irrigantes e maior difusão da medicação intracanal já que as bactérias podem ser facilmente alcançadas e destruídas na ausência dessa camada (ODA *et al.*, 2016).

De acordo com Barcelos (2012) e seus colaboradores, a remoção da smear layer abre os túbulos dentinários, possivelmente permitindo que a medicação intracanal penetre mais profundamente na dentina e elimine os micro-organismos intratubulares.

Violich e Chandler (2010) concluíram que dados encontrados indicaram a remoção do esfregaço de dentina para uma limpeza e desinfecção mais profundas dos canais radiculares e melhor adaptação dos materiais de preenchimento.

O aumento da permeabilidade dentinária também interfere na qualidade da obturação do canal, pois estudos demonstraram melhor penetração tubular de cimentos em dentina, uma vez que a camada de esfregaço foi removida; além disso, concluíram que sua remoção permite uma

melhor adaptação dos materiais de obturação à parede do canal (LIVIAC *et al.*, 2017). Pesquisas que avaliaram a resistência de união de diferentes cimentos sobre paredes dentinárias demonstraram a excisão da smear layer resultou no aumento da força de união devido à maior penetração de cimento (REYHANI *et al.*, 2014).

Atualmente, os métodos de remoção da smear layer incluem técnicas químicas, ultrassônicas e laser. Devido à morfologia complexa dos canais radiculares, os canais preparados mecanicamente contêm áreas não acessíveis pelos instrumentos endodônticos utilizados (TORABINEJAD *et al.*, 2002); por isso, as substâncias químicas auxiliares têm um papel importante nesse processo, promovendo antissepsia, dissolução tecidual, lubrificação dos instrumentos e ajudando no processo de remoção de debris e magma dentinário (SILVA; OLIVEIRA, 2014).

Silva e Oliveira (2014) relatam que o hipoclorito de sódio é a substância química de primeira escolha na endodontia devido as suas propriedades, sendo a substância que mais atende os requisitos que uma substância química eficiente deve conter para o preparo endodôntico.

Fregnani e Hizatugu (2012) afirmaram que o hipoclorito de sódio é a solução mais utilizada porque possui com exclusividade a propriedade de dissolver tecido necrótico e também os componentes orgânicos da smear layer; possui ação bactericida, eliminando os agentes patogênicos endodônticos organizados em biofilme e nos túbulos dentinários.

A clorexidina é também um irrigante muito utilizado, pois sua utilização resulta na redução da microinfiltração do preenchimento do canal radicular, permite melhor molhabilidade de alguns cimentos, e preserva a resistência de união na dentina para obturações convencionais (PRADO *et al.*, 2016).

Virdee *et al.* (2017), no entanto, concluíram que nenhum irrigante sozinho é capaz de eliminar os componentes orgânicos e inorgânicos do magma dentinário. Sua remoção é, portanto, recomendada pelo uso combinado de hipoclorito de sódio, (agente desproteinizante) e EDTA (agente quelante).

Bjarnason (2016) defende que a combinação de NaOCl e EDTA remove efetivamente a camada de smear layer enquanto minimiza a erosão das paredes dentinárias. Oliveira (2011) verificou que os melhores resultados na remoção do magma dentinário foram obtidos quando empregada uma associação de hipoclorito de sódio e EDTA como solução irrigadora.

A irrigação convencional com agulhas é o procedimento padrão, mas não apresenta eficácia no terço apical do canal radicular. Os métodos atuais para a remoção da smear layer incluem várias técnicas, para aumentar a efetividade das soluções de irrigação (AHMENTOGLU *et al.*, 2014).

Verificou-se que o uso do ultrassom na irrigação passiva aumenta a remoção de smear layer, debris dentinários e micro-organismos dos sistemas de canais radiculares, a fim de aumentar o índice de sucesso nos tratamentos endodônticos (SILVA; OLIVEIRA, 2014).

Os lasers também são considerados uma alternativa aos meios convencionais ou avançados de desinfecção de canais radiculares. A irrigação ativada por laser usando hipoclorito de sódio ou terapia fotodinâmica é usado para desinfetar as áreas que são impossíveis de alcançar com as técnicas tradicionais (ATTIGUPPE *et al.*, 2017).

Além disso, os dispositivos de irrigação introduzidos atualmente servem para aumentar o fluxo e a distribuição de soluções de irrigação dentro do sistema de canais radiculares particularmente no terceiro nível apical (ELNAGHY; MANDORAH; ELSAKA, 2016).

O instrumento XP-Endo Finisher, foi introduzido como uma técnica suplementar para melhorar a eficácia da irrigação do canal radicular. Seu movimento helicoidal dentro do canal radicular pode resultar em seu contato com os detritos aderidos à parede do canal radicular, removendo-os (ZAND *et al.*, 2017). Elnaghy *et al.* (2016) demonstraram a eficácia do uso sistema Endo Activator, que resultou na formação de menos detritos e maior efetividade na remoção de detritos e smear layer.

6. CONCLUSÃO

Diante de todos os dados apresentados pela maioria dos estudos, a literatura indica que a melhor conduta em relação à smear layer na endodontia é a sua remoção. A maioria dos autores considera necessária a remoção desta camada, pois, assim, se consegue uma limpeza e desinfecção bacteriana mais profunda dos canais radiculares.

A excisão da smear layer do canal radicular, portanto, resultará em maior contato e ação das substâncias irrigadoras, permitirá maior penetração e eficácia dos medicamentos intracanaís e promoverá um melhor selamento entre a dentina e o material obturador.

Dessa forma, as possibilidades de ocorrerem microinfiltrações e reinfecção do canal radicular serão reduzidas, resultando no melhor prognóstico do tratamento endodôntico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAF, H., *et al.* **Smear Layer Removal in the Apical Third of Root Canals by Two Chelating Agents and Laser: A Comparative in vitro Study.** Iranian Endodontic Journal, Tehran, v.9, n.3, p. 210-214, 2014.

ATTIGUPPE, P. R., *et al.* **Comparative Evaluation of Different Modes of Laser Assisted Endodontics in Primary Teeth: An in vitro Study.** Journal of Clinical and Diagnostic Research, 2017, Vol 11(4): ZC124-ZC127.

AHMAD, M. E.; ALISON, J. E. Q.; DAVID, C. W. **The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements.** Dental Materials, 29, p. 797-803. Elsevier. 2013.

AHMETOGLU, F. *et al.* (2014). **Effectiveness of different irrigation systems on smear layer removal: A scanning electron microscopic study.** Eur J Dent, 8(1):53-7.

BARCELOS, R. *et al.* **The influence of smear layer removal on primary tooth pulpectomy outcome: a 24-month, double-blind, randomized and controlled clinical trial evaluation.** International Journal Paediatric Dentistry, 22: 369-381, 2012.

BJARNASON, S. W. **The Effect of Smear Layer Removal on Endodontic Outcomes.** Thesis submitted to the Faculty of the Endodontic Graduate Program. Naval Postgraduate Dental School. United States, 2016.

CASTAGNA, F. *et al.* **Effect of Passive Ultrasonic Instrumentation as a Final Irrigation Protocol on Debris Smear Layer Removal – A Sem Analysis.** Microscopy Research and Technique 76: 496-502, 2013.

COHEN, S.; HARGREAVES, K. M. **Caminhos da Polpa.** Limpeza e Modelagem dos Canais Radiculares, p. 321-323. Rio de Janeiro. Editora Elsevier, 2011.

DRAKE, D.R. *et al.*, **Bacterial retention in canal walls in vitro: effect of smear layer.** Journal Endodontic, 20:78-82, 1994.

DUARTE, A. S. R. **Técnicas e soluções para remoção da Smear Layer.** Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2015.

ELNAGHY, A. M.; MANDORAH, A.; ELSAKA, S. E. **Effectiveness of XP-endo Finisher, EndoActivator, and File agitation on debris and smear layer removal in curved root canals: a comparative study.** The Society of The Nippon Dental University ,2016.

FACHIN, E. V. F; SCARPARO, R. K.; MASSONI, L. I. S. **Influence of Smear Layer Removal on the Obturation of Root Canal Ramifications.** Journal of Applied Oral Science, 17(3):240-3, 2009.

GUO, X. *et al.* **Efficacy of four different irrigation techniques combined with 60°C 3% sodium hypochlorite and 17% EDTA in smear layer removal.** BMC Oral Health, 14:114, 2014.

FREGNANI, E; HIZATUGU R. **Endodontia: uma visão contemporânea.** São Paulo: Santos Editora; 2012. p.303.

JUSTO, A. M. **Estudo IN VITRO da efetividade de diferentes protocolos de irrigação final para a remoção de detritos e lama dentinária do terço apical de canais radiculares.** Trabalho de Conclusão de Pós- Graduação da Faculdade de Odontologia, Porto Alegre, 2013.

KUÇI, A. *et al.* **Sealer Penetration into Dentinal Tubules in the Presence or Absence of Smear Layer: A Confocal Laser Scanning Microscopic Study.** Journal of Endodontic, Vol. 40, Issue 10, Pages 1627-1631, 2014.

LIVIAC, D. S. *et al.* **Comparison of the XP-Endo Finisher File System and Passive Ultrasonic Irrigation (PUI) on Smear Layer Removal after Root Canal Instrumentation Effectiveness of Two Irrigation Methods on Smear Layer Removal.** Journal of Dentistry and Oral Health 4: 1-7, 2017.

LOPES, H.; SIQUEIRA, J. **Substâncias Químicas Empregadas no Preparo dos Canais Radiculares.** Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, p. 535-574; 645-688, 2004.

LOVE, R. M. **Enterococcus faecalis: a mechanism for its role in endodontic failure.** International Journal Endodontic, 34(5): 399-405, 2001.

MACHADO, M. E. L. **Endodontia da biologia à técnica**. 1.ed. São Paulo: Santos; 2009.

MADAN, N. *et al.* **K-files vs Profiles in cleaning capacity and instrumentation time in primary molar root canals: in vitro study**. Journal of Indian Society of Pedodontics and Preventive Dentistry, v.9, p.2-6, 2011.

MORAGO, A. *et al.* **Influence of Smear Layer on the Antimicrobial Activity of a Sodium Hypochlorite/Etidronic Acid Irrigating Solution in Infected Dentin**. Journal of Endodontic, 2016.

MOZO, S.; LLENA, C.; FORNER, L. **Review of ultrasonic irrigation in endodontics: increasing action of irrigating solutions**. Med Oral Patol Oral Cir Bucal, 1;17 (3):e512-6, 2012.

ODA, D. F. *et al.* **Smear layer na endodontia, preservar ou remover**. SALUSVITA, Bauru, v. 35, n. 1, p. 119-127, 2016.

OLIVEIRA, J. A. R. **Terapia Fotodinâmica em Endodontia**. Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2016.

OLIVEIRA, M. D. D. S.; OLIVEIRA, E. P. D. **Estudo comparativo entre a técnica manual e automatizada na remoção do magma dentinário**. Revista Gaúcha de Odontologia, Porto Alegre, v.59, n.3, p.471-476, 2011.

PINHEIRO, S. L., *et al.* **Manual and rotatory instrumentation ability to reduce Enterococcus faecalis associated with photodynamic therapy in deciduous molars**. Brazilian Dental Journal, 25(6): 502-507, 2014.

PINTOR, A. V. B. *et al.* **Does Smear Layer Removal Influence Root Canal Therapy Outcome? A Systematic Review**. The Journal of Clinical Pediatric Dentistry, Volume 40, Number 1, 2016.

PRADO, M. C. *et al.* **Effects of auxiliary device use on smear layer removal**. Journal of Oral Science, Vol. 58, No. 4, 561-567, 2016.

REYHANI, M. F. *et al.* **Push-Out Bond Strength of Dorifill, Epiphany and MTA-Fillapex Sealers to Root Canal Dentin with and without Smear Layer.** Iranian Endodontic Journal, 9(4):246-250, 2014.

SABER, S. E.; HASHEM, A. A. R. **Efficacy of Different Final Irrigation Activation Techniques on Smear Layer Removal.** Journal of Endodontic, Volume 37, Nº 9, 2011.

SALEH, I.M. *et al.* **Bacterial penetration along different root canal filling materials in the presence or absence of smear layer.** International Endodontic Journal, 41, 32–40, 2008.

SILVA, A. V. D.; OLIVEIRA, S. V. D. **Irrigação Ultrassônica Passiva no Sistema de Canais Radiculares.** Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Pindamonhangaba, São Paulo, 2014.

SILVEIRA, L. *et al.* **Evaluation of the different irrigation regimens with sodium hypochlorite and EDTA in removing the smear layer during root canal preparation.** Journal of Microscopy and Ultrastructure, 1, (1-2): 51-56, 2013.

SISODIA, R. *et al.* **Bacterial penetration along different root canal fillings in the presence or absence of smear layer in primary teeth.** Journal Clinical Pediatric Dentistry, Birmingham, v. 38, n. 3, p. 229-234, Spring, 2014.

SÓ, M. V. R. *et al.* **Pulp tissue dissolution when the use of sodium hypochlorite and EDTA alone or associated.** Revista Odonto Ciência, vol.26, nº 2, Porto Alegre, 2011.

SOUZA, E. B. D. **Efeito da terapia fotodinâmica na desinfecção do sistema de canais radiculares in vivo.** Dissertação de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SUYAMA, Y. *et al.* **Potential Smear Layer Interference with Bonding of Self-etching Adhesives to Dentin.** The Journal of Adhesive Dentistry, Vol. 15, No 4, 2013.

TORABINEJAD, M. *et al.* **Clinical implications of the smear layer in endodontics: A review.** Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology . Volume 94, N. 6, 2002.

TURK, T.; KAVAL, M. E.; SEM, B. H. **Evaluation of the smear layer removal and erosive capacity of EDTA, boric acid, citric acid and desy clean solutions: an in vitro study.** BMC Oral Health 15:104, 2015.

VIOLICH, D. R.; CHANDLER, N. P. **The smear layer in endodontics – a review.** International Endodontic Journal, 43: 2–15, 2010.

VIRDEE, S. S. *et al.* **Efficacy of irrigant activation techniques in removing intracanal smear layer and debris from mature permanent teeth: a systematic review and meta-analysis.** International Endodontic Journal, 2017.

ZAND, V. *et al.* **Smear layer removal evaluation of different protocol of Bio Race file and XP- endo Finisher file in corporation with EDTA 17% and NaOCl.** J Clin Exp Dent; 9(11):e1310-4, 2017.

ZARGAR, N.; *et al.* **The effect of smear layer on antimicrobial efficacy of three root canal irrigants.** Iranian Journal Endodontic, 10(3): 179-183, 2015.

ZHU, X. *et al.* **Comparison of the antibacterial effect and smear layer removal using photon-initiated photoacoustic streaming aided irrigation versus a conventional irrigation in single-rooted canals: an in vitro study,** Photomed Laser Surg, 31(8):371-7, 2013.

ZIVKOVIC, S. *et al.* **XP-endo Finisher: A New Solution for Smear Layer Removal.** Serbian Dental Journal, vol. 62, No 3, 2015.